



Hayvan Atıklarından Sivas İli Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması

Investigation of Sivas Province's Biogas Potential of Animal Wastes

Ayben Polat Bulut^{1*}, Gamze Topal Canbaz²

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Sivas, Türkiye

²Cumhuriyet Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

Öz

Mevcut enerji kaynaklarının her geçen gün azalması ve çevreye verdiği olumsuz etkilerden dolayı ekonomik ve çevre dostu enerji kaynakları arayışına geçilmiştir. Bu nedenle, biyogaz enerjisi hem çevre dostu hem de ekonomik olması nedeniyle son yıllarda ilgi çeken alternatif enerji kaynakları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, Sivas ilinde büyükbaş hayvan (BBH); sığır (yerli-kültür-melez), manda, küçükbaş hayvan (KBH); koyun, keçi ve kanatlı hayvan (KH); yumurta tavuğu, ördek, hindi, kaz sayıları belirlenerek canlı hayvan potansiyeli ele alınmış ve hayvan atıklarından biyogaz ve enerji potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2015 ve 2016 verileri dikkate alınmıştır. Bu verilere göre Sivas ili toplam BBH, KBH ve KH sayısı 2015 ve 2016 yılları için sırası ile 1247579 ve 1411715 adet, bunlardan elde edilecek yıllık gübre miktarı yine 2015 ve 2016 yılları için sırası ile 1216494 ton/yıl ve 991411 ton/yıl, yıllık biyogaz üretimi ise 48880922 m³/yıl ve 52391785 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan elde edilecek enerji miktarı ise 2015 yılı için 229.7 GW.saat ve 2016 yılı için 246.2 GW.saat olarak belirlenmiştir. Sivas ilinin yıllık elektrik üretimi 3764 GW.saat olarak dikkate alındığında BBH, KBH ve KH atıklarından elde edilecek enerji ile Sivas ilinin yıllık elektrik ihtiyacının %6.5'inin karşılanabileceği belirlenmiştir. Enerji atlası verilerine göre 2015 yılı için 1 kişinin yıllık elektrik tüketiminin 3.373 kW.saat olduğu görülmektedir. Sadece kanatlı hayvan gübresinden elde edilecek elektrik enerjisi ile 1280 vatandaşın ve 320 adet 4 kişilik ailenin yıllık elektrik ihtiyacının karşılanabileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Enerji potansiyeli, Hayvan atıkları

Abstract

Due to the ever-decreasing current energy resources and the negative effects on the environment, the search for economic and environment friendly energy sources has been started. For this reason, in recent years biogas energy is one of the alternative energy sources attracting interest due to being environmentally friendly and economical.

In this study, in Sivas province bovine (BBH); cattle (domestic-culture-hybrid), buffalo, ovine (KBH); sheep, goat and poultry (KH); hen, duck, turkey, goose counts were determined and the potential of live animals was considered and biogas and energy potentials were investigated from animal wastes. For this purpose, the data of the Turkish Statistical Institute (TÜİK) 2015 and 2016 are taken into consideration. According to this data, the total number of BBH, KBH and KH in Sivas province will be 1247579 and 1411715 for 2015 and 2016 respectively and the annual amount of fertilizer will be 1216494 tons/ year and 991411 tons / year for 2015 and 2016 respectively and annual biogas production 48880922 m³ / year and 52391785 m³ / year. The amount of energy to be obtained from these wastes is 229.7 GWh for the year 2015 and 246.2 GWh for the year 2016. When annual electricity generation of Sivas province is taken into consideration as 3764 GWh, it is determined that 6.5% of the annual electricity demand of Sivas province can be met by the energy to be obtained from BBH, KBH and KH waste. According to Energy atlas data, annual electricity consumption per person for 2015 is 3,373 kWh. It is estimated that the annual electricity need of 1280 citizens and 320 families of 4 people can be met by the electric energy obtained from the poultry manure only.

Keywords: Biogas, Energy potential, Animal waste

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: aybenpolat@cumhuriyet.edu.tr

Ayben Polat Bulut orcid.org/0000-0003-0151-8680

Gamze Topal Canbaz orcid.org/0000-0001-7615-7627

1. Giriş

Nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelerden dolayı enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi klasik enerji kaynakları dünyanın her yerinde enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılamakla birlikte rezervlerinin azalması ve işletme ve kullanımlarından dolayı doğal çevrenin bozulması gibi iki temel problem mevcuttur (Yasar vd. 2017). Bu modern endüstrileşme çağında artan enerji ihtiyacı ve ülkelerin enerjiye olan bağımlılığı gelecek yüzyılda dünyanın en büyük sorunlarından biri olacaktır. Bu nedenle alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları çok önemlidir (Abbas vd. 2017). Küresel çevre ve enerji politikaları, yenilenebilir kaynakların payının artırılması ve enerji dönüşüm tesislerinin verimliliğini artırma ihtiyacını vurgulamakta ve mevcut tesislerin yenilenmesi ve güç üretimi için gelişmiş çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir (Baldinelli vd. 2017). Enerji talebinin karşılanmasından ortaya çıkan ve dünyada giderek artan enerji ihtiyacı ve çevre sorunları temiz enerji üretmek için yenilikçi çözümler arayışını gündeme getirmiştir (Corigliona ve Fragiacomio 2017). Enerji dönüşüm sürecinde fosil yakıtların tükenmesi ve çevresel etkiler ile ilgili artan endişeler biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmıştır (Chen vd. 2017). Biyogaz, biyokütle, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki toplam enerji kaynaklarının %14'ünü karşıladığı bilinmektedir (Kadam ve Penwar 2017).

Biyogaz; gıda atıkları, selülozik biyokütle ve hayvansal atıklar gibi organik bileşiklerin anaerobik parçalanması sonucu üretilir (Kadam ve Penwar 2017). Biyogaz insan ve hayvanların biyolojik aktivitesi sonucu oluşan atık ürünlerin fermantasyonu sonucu oluşan (Pizzuti vd. 2016); yanıcı, renksiz ve ısı değeri yüksek bir gaz karışımıdır (Altıkat ve Çelik 2012). Biyogazın bileşimi ham madde ve fermantasyon sürecine bağlı olarak değişebilir. Biyogazın temel bileşenleri metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) olmasına rağmen su buharı (H_2O), hidrojen sülfid (H_2S), azot (N_2), hidrojen (H_2), oksijen (O_2), karbon monoksit (CO) ve amonyak (NH_3) içermektedir (Pizzuti vd. 2016). Tipik bir biyogaz % 45-75 CH_4 , % 25-55 CO_2 , % 0-25 N_2 , % 0.01-5 O_2 ve H_2S ve NH_3 gibi diğer iz bileşenleri içermektedir (Chen vd. 2017). Biyogaz ısınma, hem ısınma hem güç kaynağı ya da araç yakıtı gibi çeşitli enerji hizmetleri için kullanılabilen yenilenebilir ve yüksek kaliteli bir yakıttır, ancak motor için tehlikeli olan bazı bileşenleri (H_2S , H_2O) gidermek için kullanımdan önce arıtılması gerekir (Senghor vd. 2017).

Gübre; ucuz ve çevre dostu bir biyogaz ve enerji kaynağıdır. Atık geri kazanımı sağlar. Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybeder (Çanka Kılıç 2011, Yürük ve Erdoğan 2015), yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, sera gazı emisyonunu azaltır, patojenlerin azalması sağlanır, çiftçiler için ekonomik açıdan avantajlıdır (Holm-Nielsen vd. 2009). Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır. Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yer altı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır. Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta, üstelik çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir (Çanka Kılıç 2011). Biyogazdan elektrik ve ısı üretilmesi ekonomik kazanç sağlar. Biyogaz tesislerinde elde edilen en kötü sera gazlarından biri olan metan gazı yakılarak CO_2 'e dönüştürülmektedir (Yürük ve Erdoğan 2015).

1 m³ biyogaz, 60 W eş değerindeki fitilli bir lambayı 7 saat çalıştırabilir, 4 kişilik bir ailenin üç öğün yemeğini pişirebilir ve 300 litre'lik bir buzdolabını 3 saat çalıştırabilir (Gülen ve Çeşmeli 2012). Ayrıca 1 m³ biyogazdan üretilen ısı miktarı 0.63 litre doğalgaz, 3.47 kg odun, 0.43 kg LPG ve 0.8 litre benzinden üretilen ısı miktarına eşdeğerdir (Eryılmaz vd. 2015).

Nüfus artışıyla gelişen tarım ve hayvancılıkla beraber hayvan atıkları potansiyeli de gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemiz tarımsal artıklar ve hayvan atıkları açısından çok büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte bu atıklardan gereği gibi yararlanılamamaktadır. Bu organik kökenli atıklar ya doğrudan doğruya yakılmakta ya da çevreye rastgele saçılmaktadır. Az bir kısmı ise açık alanlarda uzun süre bekletildikten sonra tarımsal alanlarda gübre olarak kullanılmaktadır (Yokuş ve Onurbaş Avcıoğlu 2012).

Hayvancılık endüstrilerinden kaynaklanan gübre atıkları uygun şekilde yönetilmezse çevreye zararlı olan başlıca organik atıkları oluşturacaktır. Hayvan gübresi nutrient dengesizliğine ve çevre kirliliğine neden olan yüksek derişimde azot ve fosfor içermektedir. Ayrıca, hayvan gübresi büyüme hormonu, antibiyotikler ve ağır metaller gibi bazı zararlı maddelerin kalıntılarını da içermektedir. Diğer yandan hayvan gübresindeki mikroorganizmalar çevrenin kirlenmesine ve hastalıkların ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu durumda, hayvan gübresinin çevre üzerinde hava, toprak ve su kaynaklarını kirletici bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, hayvan gübresi ve atıklarının anaerobik parçalanma süreci ile arıtımı sonucu enerji

kaynağı olarak biyogazın sürdürülebilir kullanımı, kaliteli gübre üretimi, koku ve mikrobiyal patojenlerin azaltılması gibi faydalarla sonuçlanmaktadır (Abdeshahian vd. 2016).

Bu çalışmada Sivas ilinin hayvansal atık durumu dikkate alınarak Sivas'ın ilçe bazında biyogaz ve enerji üretim potansiyeli araştırılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) 2015-2016 verileri dikkate alınarak Sivas iline ait hayvan sayıları ilçeler dahil edilerek belirlenmiştir. Bunun yanında ilçelerin hayvan yoğunluğu ve atık miktarları dikkate alınarak ilin BBH, KBH ve KH potansiyeli ele alınmış hayvan atıklarından biyogaz potansiyeli ve elde edilecek enerji miktarı belirlenmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

Sivas Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan bir il'dir. 39° 45'1.9656" kuzey ve 37° 0' 54.0792" doğu boylamı üzerinde yer alır. Rakımı 1292 metredir. İlin merkez ilçe dahil 17 ilçesi bulunmaktadır. Bu çalışmada, Sivas ilinin biyogaz üretim ve enerji potansiyelinin belirlenmesi için BBH, KBH ve KH varlığı sayıları, Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) 2015 ve 2016 yılı istatistikleri verilerinden faydalanılmış, çizelgeler oluşturulmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Biyogaz potansiyelini belirlemek için aşağıdaki kabuller ve araştırma sonuçları kullanılmıştır (Deniz 1987).

Gübre ile ilgili kabuller:

Büyükbaş hayvandan 3.6 ton/yıl gübre, küçükbaş hayvandan 0.7 ton/yıl gübre, kanatlı hayvandan 0.022 ton/yıl gübre ortalama olarak elde edildiği kabul edilir.

Biyogaz ile ilgili kabuller:

1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m³ biyogaz, 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m³ biyogaz, 1 ton kanatlı hayvan gübresinden 78 m³ biyogaz elde edildiği araştırma sonucu bulunmuştur ve hesaplamalarda bu değerler kabul edilmiştir.

Biyogazın elektrik enerjisi olarak eşdeğeri:

1m³ biyogazın elektrik enerjisi cinsinden değeri; 1 m³ biyogaz 4.70 kWh enerjidir (Bilir vd. 1983). Bu kabuller, araştırma sonuçları ve verilere göre Sivas ilindeki toplam hayvan sayısına göre gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli hesabı yapılmıştır.

İstatistiksel

Çalışmamızdan elde edilen veriler SPSS (ver:22.0) programına yüklenerek verilerin değerlendirilmesinde parametrik test varsayımlar yerine getirilemediğinden (Kolmog-

orov-Smirnov), Mann Whitney U testi, Friedman testi ve Wilcoxon testi uygulanmıştır. Verilerimiz tablolarda ortalama, medyan, minimum değer, maksimum değer şeklinde belirtilip yanılma düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.

3. Sonuçlar

Sivas iline ait toplam BBH, KBH ve KH sayısı 2015 ve 2016 yılları için sırası ile 1247579 ve 1411715 adet olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). İlçeler bazında dağılımına bakıldığında ise en fazla hayvan sayısına Şarkışla ilçesinin sahip olduğu ve 2015 ve 2016 yılları için sırası ile 327930 ve 307980 olarak hesaplanmıştır. Sivas ili ve ilçelerine ait BBH, KBH ve KH verileri değerlendirilerek biyogaz üretim potansiyeli ve 1 m³ biyogazın 4.70 kW.saat enerjiye eş değer (Bilir vd. 1983) olduğu kabulü ile elde edilerek enerji miktarları hesaplanmış Çizelge 2'de sunulmuştur.

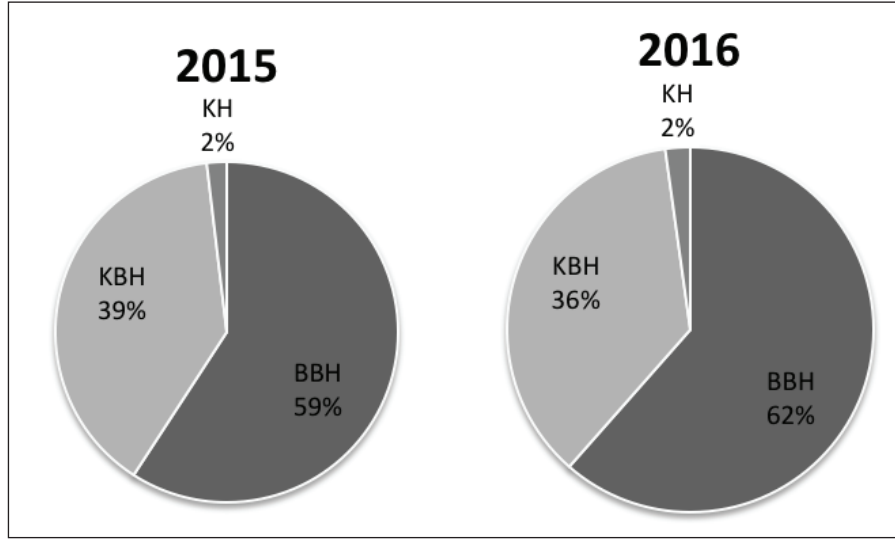
Çizelge 2'ye göre il genelinde BBH, KBH ve KH atıklarından temin edilecek gübre, biyogaz ve enerji miktarları 2015 ve 2016 yılı için sırası ile gübre miktarı 121649 ton/yıl ve 1319165 ton/yıl, toplam biyogaz miktarı 48880923 m³/yıl ve 52391785 m³/yıl, toplam enerji miktarı ise 229 GW. saat ve 246 GW. saat olduğu görülmektedir.

2015 ve 2016 yıllarında Sivas ilinde hayvan atıklarından elde edilen biyogaz miktarının oransal dağılımı Şekil 1'de görülmektedir. Büyükbaş hayvanlardan elde edilen biyogaz miktarında artış olup, küçükbaş hayvanlardan elde edilen biyogaz miktarında ise düşüş olduğu görülmüştür. Biyogaz miktarındaki bu farklılık Sivas ilindeki BBH ve KBH sayısındaki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Kanatlı hayvanlardan elde edilen biyogaz miktarının ise değişmediği belirlenmiştir. Kanatlı hayvan sayısındaki değişim toplam biyogaz miktarındaki oransal dağılımı etkilememiştir.

Sivas il ve ilçeleri arasında biyogaz üretimine en çok katkısı olan ilçenin en fazla hayvan sayısına sahip olan ilçe olan Şarkışla olduğu belirlenmiştir. Enerji atlası verilerine göre Şekil 2'de Kişi Başı Elektrik Tüketimi Değişimi grafiğine bakıldığında 2015 yılı için 1 kişinin yıllık elektrik tüketiminin 3373 kWh olduğu görülmektedir. Sadece kanatlı hayvan gübresinden elde edilecek elektrik enerjisi ile 1280 vatandaşın ve 320 adet 4 kişilik ailenin yıllık elektrik ihtiyacının karşılanabileceği hesaplanmıştır.

3.1. İstatistiksel Sonuçlar

Çizelge 3'de 2015 ve 2016 yılına ait BBH sayısı, gübre, biyogaz ve enerji miktarları karşılaştırıldığında farklılık önemsiz bulunmuştur (P>0.05).



Şekil 1. Sivas ilinde 2015 ve 2016 yıllarında BBH, KBH ve KH atıklarından elde edilen biyogazın oransal dağılımı.

Çizelge 1. 2015 ve 2016 yılına ait Sivas ili büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı

Yerleşim Yerleri	Hayvan cinsi	Hayvan Sayısı		Yerleşim Yerleri	Hayvan cinsi	Hayvan Sayısı	
		2015	2016			2015	2016
Merkez	Büyükbaş	43456	56032	İmranlı	Büyükbaş	8061	8350
	Küçükbaş	50855	51780		Küçükbaş	3416	2743
	Kanatlı	173417	181403		Kanatlı	2830	2706
Akıncılar	Büyükbaş	3627	3964	Kangal	Büyükbaş	16391	13496
	Küçükbaş	1443	1791		Küçükbaş	68983	70261
	Kanatlı	3815	3841		Kanatlı	4047	3986
Altınyayla	Büyükbaş	6400	6933	Koyulhisar	Büyükbaş	9254	8926
	Küçükbaş	18149	19630		Küçükbaş	10661	8340
	Kanatlı	20600	159039		Kanatlı	234	1442
Divriği	Büyükbaş	4760	7477	Suşehri	Büyükbaş	24816	16299
	Küçükbaş	33317	37956		Küçükbaş	13457	13308
	Kanatlı	910	1920		Kanatlı	9700	2553
Doğanşar	Büyükbaş	3058	3155	Şarkışla	Büyükbaş	27084	27769
	Küçükbaş	73	40		Küçükbaş	37950	29100
	Kanatlı	2585	2657		Kanatlı	262896	251111
Gemerek	Büyükbaş	16610	20099	Ulaş	Büyükbaş	6023	8397
	Küçükbaş	44563	41198		Küçükbaş	27841	27080
	Kanatlı	8150	8597		Kanatlı	987	1298
Gölova	Büyükbaş	3247	3228	Yıldızeli	Büyükbaş	36143	35206
	Küçükbaş	1596	1926		Küçükbaş	40300	44200
	Kanatlı	1859	1306		Kanatlı	11350	13467
Gürün	Büyükbaş	12708	15627	Zara	Büyükbaş	5912	20774
	Küçükbaş	90896	93993		Küçükbaş	10421	9959
	Kanatlı	1808	6716		Kanatlı	9005	9582
Hafik	Büyükbaş	15908	15552	Toplam		1247579	1411715
	Küçükbaş	15039	14915				
	Kanatlı	20968	20617				

Çizelge 2. Sivas ili ve ilçelerine ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından elde edilecek gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli

Yerleşim Yerleri	Hayvan cinsi	Gübre Miktarı (ton/yıl)		Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl)				Enerji Miktarı (kW-saat)							
		2015		2016		2015		2016		2015		2016			
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016		
Merkez	Büyükbaş	146441.6	201715.2	5162572.8	6656601.6	9070157.1	24264092.1	35366886	31286028	42629738.6	9880660	1463051	2213339	341758.6	30978.4
	Küçükbaş	35598.5	36246	2064713	7524869	9070157.1	9704151	1398643	2213339	341758.6	30978.4	3871109.9	3745797	1282681	4174857.7
	Kanatlı	3815.1	3990.8	297583.5	470923.2	550228.9	2025171.7	275353	30768.7	3871109.9	3745797	1282681	4174857.7	7242764	15485.1
Akıncılar	Büyükbaş	13057.2	14270.4	430887.6	496019.9	550228.9	72714.6	6591.1	3573504	7202839.3	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
	Küçükbaş	1010.1	1253.7	58585.8	6591.1	550228.9	72714.6	6591.1	3573504	7202839.3	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
	Kanatlı	83.93	84.5	6546.5	6591.1	550228.9	72714.6	6591.1	3573504	7202839.3	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
Altunyayla	Büyükbaş	23040	24958.8	760320	823640.4	1893529.3	823640.4	823640.4	3745797	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7	7242764
	Küçükbaş	12704.3	13741	736849.4	796978	1893529.3	796978	796978	3463192	7202839.3	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
	Kanatlı	453.2	3498.8	35349.6	272910.9	1893529.3	272910.9	272910.9	166143.1	7202839.3	1282681	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
Divriği	Büyükbaş	17136	26917.2	565488	888267.6	2732575.9	888267.6	888267.6	2657793.6	9022682.8	15485.1	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
	Küçükbaş	23321.9	26569.2	1352670.2	154101.3	2732575.9	154101.3	154101.3	6357550	9022682.8	15485.1	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
	Kanatlı	20.02	42.24	1561.56	3294.72	2732575.9	3294.72	3294.72	7339.3	9022682.8	15485.1	4174857.7	7242764	15485.1	4174857.7
Doğanşar	Büyükbaş	11008.8	11358	363290.4	374814	380997.4	374814	374814	1707464.8	1742243.2	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8
	Küçükbaş	51.1	28	2963.8	1624	380997.4	1624	1624	13929.9	1742243.2	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8
	Kanatlı	56.87	58.4	4435.8	4559.4	380997.4	4559.4	4559.4	20848.5	1742243.2	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8	1790687.8
Gemerek	Büyükbaş	59796	72356.4	1973268	2387761.2	4075152.4	2387761.2	2387761.2	9274359.6	17843602.6	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5
	Küçükbaş	31194.1	28838.6	1809257.8	1672638.8	4075152.4	1672638.8	1672638.8	8503512	17843602.6	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5
	Kanatlı	179.3	189.1	13985.4	14752.45	4075152.4	14752.45	14752.45	65731.3	17843602.6	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5	19153216.5
Gölova	Büyükbaş	11689.2	11620.8	385743.6	383486.4	463923	383486.4	383486.4	1812994.9	2132536.8	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5
	Küçükbaş	1117.2	1348.2	64797.6	78195.6	463923	78195.6	78195.6	304549	2132536.8	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5
	Kanatlı	40.898	28.73	3190	2241	463923	2241	2241	14993.2	2132536.8	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5	2180438.5
Gürün	Büyükbaş	45748.8	56257.2	1509710.4	1856487.6	5684128	1856487.6	1856487.6	7095638.8	24454995.4	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8
	Küçükbaş	63627.2	65795.1	3690377.6	3816115.8	5684128	3816115.8	3816115.8	17344744.7	24454995.4	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8
	Kanatlı	39.77	147.75	3102.5	11524.65	5684128	11524.65	11524.65	14581.8	24454995.4	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8	26715401.8
Hafik	Büyükbaş	57268.8	55987.2	1889870.4	1847577.6	2488505.3	1847577.6	1847577.6	8882390.8	11921243.9	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2
	Küçükbaş	10527.3	10440.5	610583.4	605549	2488505.3	605549	605549	2869742	11921243.9	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2
	Kanatlı	461.29	453.57	35981	35378.77	2488505.3	35378.77	35378.77	169111.1	11921243.9	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2	11695975.2
İmranlı	Büyükbaş	29019.6	30060	957646.8	991980	1107989.2	991980	991980	4500939.9	5175605.5	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6
	Küçükbaş	2391.2	1920.1	138689.6	111365.8	1107989.2	111365.8	111365.8	651841	5175605.5	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6
	Kanatlı	62.26	59.53	4856.28	4643.49	1107989.2	4643.49	4643.49	22824.5	5175605.5	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6	5207549.6

Çizelge 2. Devam

Yerleşim Yerleri	Hayvan cinsi	Gübre Miktarı (ton/yıl)		Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl)				Enerji Miktarı (kW.saat)					
		2015		2016		2015		2016		2015		2016	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Kangal	Büyükbaş	59007.6	48585.6	1947250.8	1603324.8	4754905	4462761.3	9152078.7	7535626.6	22348054.6	13407204	20974978.4	
	Küçükbaş	48288.1	49182.7	2800709.8	2822596.6	6839.9	6839.9	13163336.1	32639.8	5167063.4	4983921.4	6586748.2	
	Kanatlı	89.03	87.6	6944.6	1060408.8	1401435.7	1887.2	1887.2	2034332	1591439	11388	11660732.6	
Koyulhisar	Büyükbaş	33314.4	32133.6	1099375.2	338604	1532613	1401435.7	13856261.7	9100709.6	16502358.9	2539433	20590.4	
	Küçükbaş	7462.7	5838	432836.6	4380.94	3511140	2481006.9	78232.4	15505099	552862	2025260	23083221.2	
	Kanatlı	5.14	31.06	401.54	3298957.2	5209479	4911323.6	7241619	4688548.9	5167406	10468.6	28200480.2	
Suşehri	Büyükbaş	89337.6	58676.4	2948140.8	1181460	5209479	4911323.6	7241619	552862	2025260	23083221.2		
	Küçükbaş	9419.9	9315.6	546354.2	430906.4	1847571	2099238.9	5312620	4688548.9	5167406	10468.6	28200480.2	
	Kanatlı	213.4	56.1	16645.2	997563.6	2227.3	2227.3	7960.3	19657622	8434244	108614	11599371	
Şarkışla	Büyükbaş	97502.4	99968.4	3217579.2	1181460	5209479	4911323.6	7241619	552862	2025260	23083221.2		
	Küçükbaş	26565	20370	1540770	430906.4	1847571	2099238.9	5312620	4688548.9	5167406	10468.6	28200480.2	
	Kanatlı	5783.7	5524.4	451129.5	997563.6	2227.3	2227.3	7960.3	19657622	8434244	108614	11599371	
Ulaş	Büyükbaş	21682.8	30229.2	715532.4	1099448	1847571	2099238.9	5312620	4688548.9	5167406	10468.6	28200480.2	
	Küçükbaş	19488.7	18956	1130344.6	997563.6	2227.3	2227.3	7960.3	19657622	8434244	108614	11599371	
	Kanatlı	21.71	28.5	16393.6	4182472.8	5949445	6000102.1	20180805.4	19657622	8434244	108614	11599371	
Yıldızeli	Büyükbaş	130114.8	126741.6	4293788.4	1794520	5949445	6000102.1	20180805.4	19657622	8434244	108614	11599371	
	Küçükbaş	28210	30940	1636180	23109.3	1140891	2888729.3	7690046	27962391.5	5362186.6	1900376	13577027.7	
	Kanatlı	249.7	296.2	19476.6	2467951.2	16447.7	16447.7	3301024.3	11599371	5362186.6	1900376	13577027.7	
Zara	Büyükbaş	21283.2	74786.4	702345.6	404335.4	1140891	2888729.3	1988535	1900376	5362186.6	1900376	13577027.7	
	Küçükbaş	7294.7	6971.3	423092.6	16447.7	16447.7	16447.7	72627.1	77280.7	229740336.6	246241390.8		
	Kanatlı	198.11	210.8	15452.58	48880923	52391785.2	52391785.2	229740336.6	246241390.8				
Toplam		1216494.3	1319165	48880923	52391785.2	48880923	52391785.2	229740336.6	246241390.8				

Çizelge 4'de 2015 ve 2016 yılına ait KBH sayısı, gübre, biyogaz ve enerji miktarları karşılaştırılmıştır. KBH sayısı yönünden yıllar arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). Gübre, biyogaz ve enerji yönünden farklılık önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 5'de verilen sonuçlarda 2015 ve 2016 yılına ait KH sayısı, gübre, biyogaz ve enerji miktarları karşılaştırıldığında farklılık önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$).

Çizelge 6'da verilen sonuçlarda 2015 ve 2016 yıllarında BBH, KBH ve KH elde edilen gübre miktarları ilçeleri gözetmeksizin yıllar karşılaştırılması yapıldığında farklılık önemli bulunmuştur. 2015 ve 2016 yılı için gübre değerleri

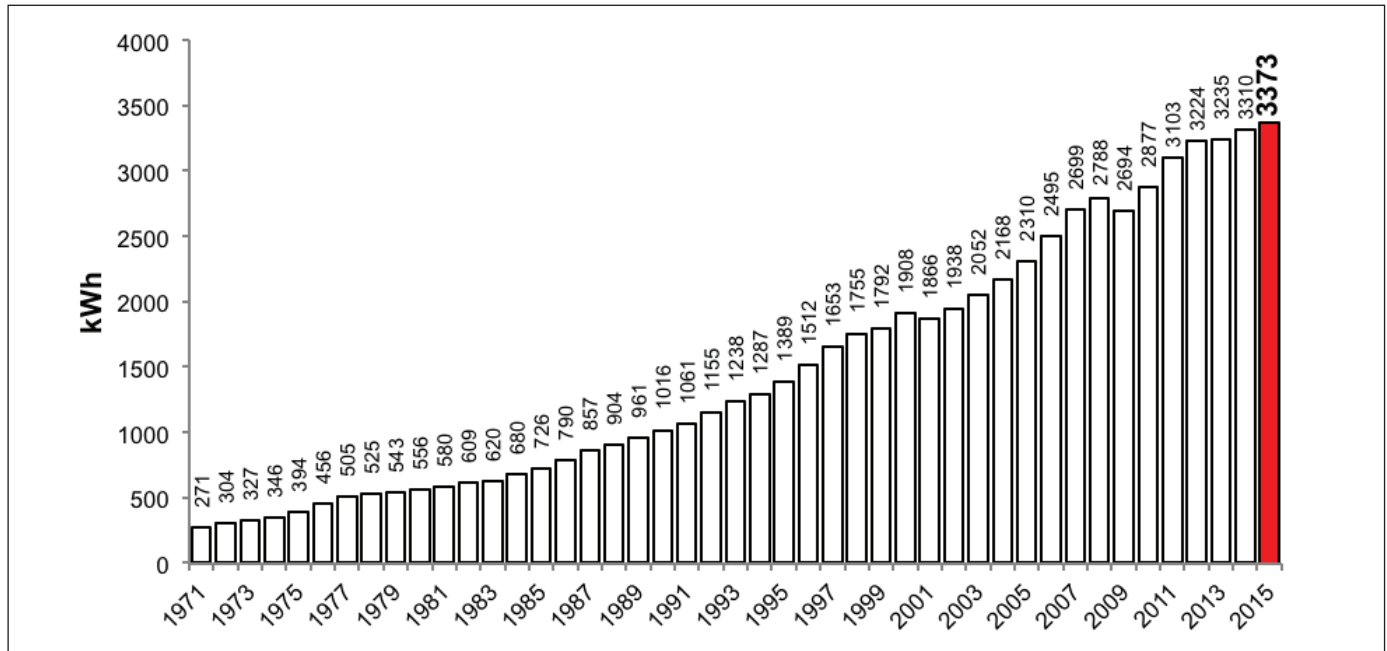
ikişerli karşılaştırıldığında (BBH-KBH, BBH-KH ve KBH-KH) farklılık önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 7'de 2015 ve 2016 yıllarında BBH, KBH ve KH elde edilen biyogaz miktarlarının yıllar arasında karşılaştırma sonuçları verilmiştir. 2016 yılı için biyogaz değerleri ikişerli karşılaştırıldığında (BBH-KBH, BBH-KH ve KBH-KH) farklılık önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). 2015 yılı için ikişerli karşılaştırma yapıldığında BBH-KH ve KBH-KH arasında fark bulunurken, BBH-KBH arasında fark bulunmamıştır.

Çizelge 8'de 2015 ve 2016 yıllarında BBH, KBH ve KH elde edilen enerji miktarlarının yıllar arasında karşılaştırma sonuçları verilmiştir. 2016 yılı için biyogaz değerleri ikişerli

Çizelge 3. 2015 ve 2016 yıllarına ait BBH, gübre, biyogaz ve enerji miktarı karşılaştırılması.

		N	Ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Sonuç
BBH	2016	17	15957.88	13579.41	13496	3155	56032	P=0.667
	2015	17	14321.05	12080.89	9254	3058	43456	
Gübre _(BBH)	2016	17	57448.37	48885.88	48585.60	11358	201715.2	P=0.687
	2015	17	51555.81	43491.21	33314.40	11008.80	156441.6	
Biyogaz _(BBH)	2016	17	1895796.42	1613234.36	1603325	374814	6656602	P=0.667
	2015	17	1701341.78	1435209.98	1099375	363290.4	5162573	
Enerji _(BBH)	2016	17	8910243.19	7582201.53	7535627	1761626	31286028	P=0.687
	2015	17	7996306.40	6745486.93	5167063	1707465	24264092	



Şekil 2. Yıllık kişi başı elektrik tüketimi (www.enerjiatlası.com).

Çizelge 4. 2015 ve 2016 yıllarına ait KBH, gübre, biyogaz ve enerji miktarı karşılaştırılması.

		N	Ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Sonuç
KBH	2016	17	27542.35	26453.22	19630	40	93993	P=0.986
	2015	17	27585.88	25715.74	18149	73	90896	
Gübre _(KBH)	2016	17	6237170.2	5307541.07	5274939	1233138	21900219	P=0.001*
	2015	17	19310.11	18001.02	12704.30	51.10	63627.20	
Biyogaz _(KBH)	2016	17	361755873.51	307837382.15	305946438.3	71522007	1.3E+009	P=0.001*
	2015	17	1119986.82	1044059.43	736849.4	2963.80	3690378	
Enerji _(KBH)	2016	17	1700252605.68	1446835696.3	143794826	3.4E+008	6.0E+009	P=0.001*
	2015	17	5263938.07	4907079.36	3463192	13929.86	17344775	

*P<0.05 önemli.

Çizelge 5. 2015 ve 2016 yıllarına ait KH, gübre, biyogaz ve enerji miktarı karşılaştırılması.

		N	Ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Sonuç
KH	2016	17	39541.82	77279.76	3986	1298	251111	P=0.838
	2015	17	31480.05	72296.91	4047	234	262896	
Gübre _(KH)	2016	17	869.92	1700.15	87.69	28.56	5524.44	P=0.823
	2015	17	692.56	1590.53	89.03	5.15	5783.71	
Biyogaz _(KH)	2016	17	67853.76	132612.08	6839.97	2227.37	430906.5	P=0.838
	2015	17	54019.78	124061.51	6944.65	401.54	451129.5	
Enerji _(KH)	2016	17	318912.71	623276.77	32147.89	10468.63	2025260	P=0.823
	2015	17	253892.97	583089.10	32639.86	1887.26	2120309	

Çizelge 6. 2015 ve 2016 yıllarına ait BBH, KBH ve KH için gübre miktarları karşılaştırılması.

Yıl		Ortalama	Medyan	Sonuç
2016	Gübre _(BBH)	57448.3765	48585.6000	
	Gübre _(KBH)	6237170.2332	5274938.59	X ² =34.00
	Gübre _(KH)	869.9201	87.6920	P=0.001*
2015	Gübre _(BBH)	51555.8118	33314.4000	
	Gübre _(KBH)	19310.1176	12704.3000	X ² =28.35
	Gübre _(KH)	692.5613	89.03	P=0.001*

*P<0.05 önemli.

karşılaştırıldığında (BBH-KBH, BBH-KH ve KBH-KH) farklılık önemli bulunmuştur (P<0.05). 2015 yılı için ikişerli karşılaştırma yapıldığında BBH-KH ve KBH-KH arasında fark bulunurken, BBH-KBH arasında fark bulunmamıştır.

4. Tartışma

Fosil yakıtların zamanla tükenmesi ve çevreye verdiği olumsuz etkilerden dolayı biyogaz gibi yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı gündeme gelmiştir. Biyogaz üretiminde çeşitli bitkisel ve hayvansal kaynaklı organik atıklar kullanılmaktadır. Böylece hem çevresel

Çizelge 7. 2015 ve 2016 yıllarına ait BBH, KBH ve KH için biyogaz miktarları karşılaştırılması

Yıl		Ortalama	Medyan	Sonuç
2016	Biyogaz _(BBH)	1895796.42	1603324.80	
	Biyogaz _(KBH)	361755873.51	305946438.30	X ² =34,12
	Biyogaz _(KH)	67853.76	6839.97	P=0.001*
2015	Biyogaz _(BBH)	1701341.78	1099375.20	
	Biyogaz _(KBH)	1119986.82	736849.40	X ² =25,52
	Biyogaz _(KH)	54019.78	6944.65	P=0.001*

*P<0.05 önemli.

Çizelge 8. 2015 ve 2016 yıllarına ait BBH, KBH ve KH için enerji miktarları karşılaştırılması.

Yıl		Ortalama	Medyan	Sonuç
2016	Enerji _(BBH)	8910243.19	7535626.56	
	Enerji _(KBH)	1700252605.68	1437948260	X ² =34,00
	Enerji _(KH)	318912.71	32147.88	P=0.001*
2015	Enerji _(BBH)	7996306.40	5167063.44	
	Enerji _(KBH)	5263938.07	3463192.18	X ² =25,12
	Enerji _(KH)	253892.97	32639.86	P=0.001*

*P<0.05 önemli.

açından zararlı olan atıklar değerlendirilmiş olmaktadır hem de temiz, yenilenebilir ve değerli bir enerji kaynağına dönüşmüş olmaktadır. Biyogaz üretiminin hem ekonomiye hem de çevreye sağlayacağı önemli yararlar arasında kullanılabilir durumda olan ve koku problemi olmayan gübre elde edilmiş olması da sayılabilir. Özellikle tarımsal işletmeler için, biyogaz tesislerinden elde edilen gübrenin ciddi faydaları olacaktır.

Bu çalışmada, Sivas ilinin BBH, KBH ve KH atıklarından elde edilecek biyogaz potansiyeli ve hesaplanan biyogaz miktarının enerji eş değeri belirlenmiştir ve sırasıyla 2015 ve 2016 yılları için biyogaz miktarı sırası ile 48880923 m³/yıl ve 52391785,2 m³/yıl, enerji miktarı ise sırası ile 229.7 GW. saat ve 246.2 GW. saat olarak hesaplanmıştır. Hayvan sayısında ki değişmeden kaynaklanan ve elde edilen biyogaz potansiyelinde 2015 yılından 2016 yılına % 6'lık bir artış görülmüştür.

Sivas ilinin 17 ilçesinde yapılan hayvansal üretimin yoğunluk ve çeşitliğinin farklı olması sebebiyle ilçelerin biyogaz potansiyelleri de farklılık göstermektedir. Ancak hayvan sayılarının fazlalığından dolayı Merkez, Şarkışla, Altınyayla ve Gürün ilçesinin biyogaz üretim potansiyeli ve elde edilebilecek elektrik enerjisi eş değeri diğer ilçelere göre fazladır.

Sivas ilinin yıllık elektrik üretimi 3764 GWh (www.enerjiatlası.com, 16.05.2017) olarak dikkate alındığında sadece hayvan atıklarından elde edilecek enerji ile Sivas ilinin yıllık elektrik ihtiyacının 2016 verilerine göre % 6.5'inin karşılanabileceği belirlenmiştir.

5. Kaynaklar

- Abbas, T., Ali, G., Adil, SA., Bashir, MK., Kamran, MA. 2017.** Economic analysis of biogas adoption technology by rural farmers: The case of Faisalabad district in Pakistan. *Renew. Energ.*, 107: 431-439.
- Abdeshahian, P., Lim, JS., Ho, WS., Hashim, H., Lee, CT. 2016.** Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 60: 714-723.
- Altıkat, S., Çelik, A. 2012.** Iğdır ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli. *Iğdır Üniv. F.B.E. Dergisi*, 2(1): 61-66.
- Baldinelli, A., Barelli, L., Bidini, G. 2017.** Upgrading versus reforming: An energy and exergy analysis of two solid oxide cell-based systems for a convenient biogas-to-electricity conversion. *Energ. Conv. Manage.*, 138: 360-374.
- Bilir, M., Deniz, Y., Karabay, E., 1983.** Biyogaz Üretimine Yönelik Değerlerin Saptanması. Toprak Su Araştırma Ana Projesi, Proje No: 872. Ankara

- Chen, X., Jiang, J., Li, K., Tian, S., Yan, F. 2017.** Energy-efficient biogas reforming process to produce syngas: The enhanced methane conversion by O₂. *Appl. Energ.*, 185: 687-697.
- Corigliano, O., Fragiaco, P. 2017.** Numerical modeling of an indirect internal CO₂ reforming solid oxide fuel cell energy system fed by biogas. *Fuel*, 196: 352-361.
- Çanka Kılıç, F. 2011.** Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. *Müh. Mak. Dergisi*, 52(617): 94-106.
- Deniz, Y., 1987.** Türkiye'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Sağlayacağı Yararlar, Ankara.
- Eryılmaz, T., Yesilyurt, MK., Gokdogan, O., Yumak, B. 2015.** Determination of biogas potential from animal waste in Turkey: A case study for Yozgat province. *Eour. J. Sci. Technol.*, 2(4): 106-111.
- Gülen, J. ve Çeşmeli, Ç. 2012.** Biyogaz hakkında genel bilgi ve yan ürünlerinin kullanım alanları. *EÜFBED*, 5(1): 65-84.
- Holm-Nielsen, JB., Al Seadi, T., Oleskowicz-Popiel, P. 2009.** The future anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresour. Technol.*, 100: 5478-5484.
- Kadam, R., Panwar, NL. 2017.** Recent advancement in biogas enrichment and its applications. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 73: 892-903.
- Pizzuti, L., Martins, CA., Lacava, PT. 2016.** Laminar burning velocity and flammability limits in biogas: A literature review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 62: 856-865.
- Senghor, A., Dioh, RMN., Müller, C., Youm, I. 2017.** Cereal crops for biogas production: A review of possible impact of elevated CO₂. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 71: 548-554.
- Yasar, A., Nazir, S., Rasheed, R., Tabinda, AB., Nazar, M. 2017.** Economic review of different designs of biogas plants at household level in Pakistan. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 74: 221-229.
- Yokuş, İ., Onurbaş Avcıoğlu, A. 2012.** Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, s 488-498, Samsun
- Yürük, F., Erdoğan, P. 2015.** Düzce ilinin hayvansal atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve K-means kümeleme ile optimum tesis konumunun belirlenmesi. *İTBD*, 4(1): 47-56. www.enerjiatlasi.com/ 16.05.2017